

ISBN : 978-979-96565-5-1

# PROSIDING

PENINGKATAN KUALITAS PENELITIAN  
DAN PENDIDIKAN PASCASARJANA

VOLUME

1



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

Program Pascasarjana



SEMINAR NASIONAL **IX**  
PASCASARJANA - 2009

Surabaya, 12 Agustus 2009



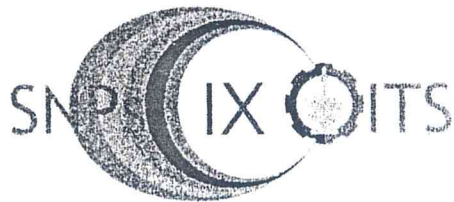
PROSIDING

SEMINAR PASCASARJANA IX ITS 2009  
(SNPs IX ITS 2009)

ISBN NO: 978-979-96565-5-1

TEMA:

PENINGKATAN KUALITAS PENELITIAN DAN PENDIDIKAN PASCASARJANA



SURABAYA, 12 AGUSTUS 2009

GEDUNG PASCASARJANA ITS SURABAYA



JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

## DAFTAR ISI

	Hal
Cover .....	
Kata Pengantar .....	i
Susunan Panitia .....	iii
Daftar Isi .....	v

### Volume I.

#### Makalah Bidang: FISIKA DAN T. ELEKTERO

#### I. FISIKA

Nama	Judul	Kode
Ahmad Sholihan, Bagus Jaya Santosa	ANALISIS DISPERSI GELOMBANG RAYLEIGH STRUKTUR GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN STUDI KASUS : DAERAH PASIR PUTIH DALEGAN GRESIK	FIS - 01
Almunawar Khalil, Sri Yani Purwaningsih, Darminto	PENGARUH DOPING EMAS DAN PERLAKUAN ANIL PADA SENSITIVITAS LAPISAN TIPIS SnO <sub>2</sub> UNTUK SENSOR GAS CO	FIS - 02
Anis Nur Laili, Darminto	SINTESIS BAHAN SUPERKONDUKTOR BiSr <sub>2</sub> CaCu <sub>2</sub> O <sub>y</sub> (Bi-1212) DENGAN VARIASI DOPAN MELALUI METODE PENCAMPURAN BASAH	FIS - 03
Anwar Santoso	VARIASI POLA KOMPONEN H MEDAN GEOMAGNET STASIUN BIAK SAAT KEJADIAN SOLAR ENERGETIC PARTICLE (SEP) KUAT PADA SIKLUS MATAHARI KE-23	FIS - 04
Bachtiar Anwar	MONITORING HIGH-SPEED PARTICLE STREAM FROM EQUATORIAL CORONAL HOLE	FIS - 05
Bambang Setiajadi	GLOBAL MHD SIMULATION OF THE MAGNETOSPHERIC RESPONSE DUE TO TRANSIENT SOLAR WIND STUDIED AT LAPAN WATUKOSEK 2009: THE SPACE EARLY WARNINGS	FIS - 06
Basri , Dr.Mochamad Zainuri, Zaenal Arifin	PENGARUH PERLAKUAN PANAS TEMPER T6 DAN T351 TERHADAP PERILAKU KOROSI PADUAN ALUMINIUM AA2024 DALAM LARUTAN 0,05 M NaCl	FIS - 07
Dedi Setiawan , Triwikantoro, Heny Faisal , Wagiyo	PENGARUH NITRIDASI TERHADAP KETAHANAN KOROSI STAINLESS STEEL AISI 316L DALAM CAIRAN TUBUH TIRUAN	FIS - 08
Zainul Musafak, Bagus Jaya Satosa	INTERPRETASI METODE MAGNETIK UNTUK PENENTUAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DI SEKITAR GUNUNG KELUD KABUPATEN KEDIRI	FIS - 09
Didi Muhtadi, Yono Hadi Pramono	ANTENA MIKROSTRIP SLOT BERSTRUKTUR KUPU- KUPU DENGAN FEEDING CO-PLANAR WAVEGUIDE	FIS - 10

Era Budi Prayekti, Melania Suweni Muntini, Agoes Soetijono, Agus Rubiyanto Frida U. Ermawati	KUANTISASI WARNA VARIETAS UNGGUL KACANG KEDELAI	FIS - 11
Habirun	ERP INVESTIGATION ON SPIN FLIPS SATELLITE LINES OF TRAPPED HYDROGEN ATOMS IN SOLIDS H <sub>2</sub>	FIS - 12
	REKONSTRUKSI MODEL VARIASI KOMPONEN H POLA HARI TENANG STASIUN GEOMAGNET TANGERANG	FIS - 13
Haning Hasbiyati, Triwikantoro	ANALISIS FASA KRISTAL BAHAN GLAS METALIK BERBASIS ZIRKONIUM ANTARA TEMPERATUR 410°C - 430°C	FIS - 14
Hildayati, Triwikantoro, Heny Faisal, Sudirman	SINTESIS DAN KARAKTERISASI BAHAN KOMPOSIT KARET ALAM-SILIKA	FIS - 15
Hisbulloh Huda, Bagus Jaya Santosa	PENCITRAAN STRUKTUR PERMUKAAN BAWAH TANAH DENGAN MENGGUNAKAN ANALISA KURVA DISPERSI STUDI KASUS: KAMPUS GEOMATIKA FTSP ITS SURABAYA	FIS - 16
Ihsan, Sri Yani Purwaningsih, Triwikantoro	FABRIKASI SENSOR GAS KARBON MONOKSIDA (CO) BERBASIS LAPISAN TIPIS ZnO:Al	FIS - 17
Indra Fitriliyana, Oki Satriawan, Widya Utama	INTERPRETASI STRUKTUR DAN SEDIMENTASI RESERVOAR FORMASI PARIGI SUMUR "B-29" LAPANGAN ITS CEKUNGAN JAWA BARAT MENGGUNAKAN FULLBOREFORMATION MICRO IMAGER LOG (FMI)	FIS - 18
L Muhammad Musafar K	POWER SPECTRAL DISTRIBUTION OF Pc3 MAGNETIC PULSATIONS OBSERVED AT BIAK DURING DESCENDING-PHASE OF SOLAR ACTIVITY	FIS - 19
Lukman, Triwikantoro	PENGARUH UNSUR KOROSIF PADA AIR HUJAN TERHADAP PERILAKU KOROSI BAJA KARBON RENDAH	FIS - 20
M. Saleh, M. Zainuri	PENGARUH PELAPISAN OKSIDA SiO <sub>2</sub> PADA PERMUKAAN PARTIKEL SiC TERHADAP KUALITAS IKATAN ANTARMUKA KOMPOSIT Al-SiC	FIS - 21
M Shohib Anwar, Darminto	PENGUNAAN DOPAN Pb, Ba DALAM SINTESIS BAHAN SUPERKONDUKTOR Bi-Sr-Ca-Cu-O FASA 1223 MELALUI METODE PENCAMPURAN BASAH	FIS - 22
Mohamad Rauf, Widya Utama	APLIKASI METODE GEOLISTRIK UNTUK MENENTUKAN CADANGAN FOSFAT: STUDI KASUS SUKOLILO, PATI JAWA TENGAH	FIS - 23
Mursalin, Suminar Pratapa, Heny Faisal	PENGARUH PERLAKUAN PANAS AGING TERHADAP PERILAKU KOROSI PADUAN ALUMINIUM SERI 6061 DALAM LARUTAN 0,05M HCl	FIS - 24
Muwahidah Nurhasanah, Melania Suweni Muntini, Yanurita Dwi Hapsari	OPTIMASI SISTEM PENGUKURAN MELALUI MODIFIKASI PENGKONDISI SINYAL PADA SENSOR GAS CO	FIS - 25



Nadifatul Fuadiyah, Widya Utama,Totok Parafianto	ANALISIS PETROFISIKA BANTUAN KARBONAT PADA LAPANGAN DIF FORMASI PARIGI CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA	FIS – 26
Nugrahani Primary Putri, Darminto	MORFOLOGI DAN SIFAT LISTRIK FILM NANOKOMPOSIT PANi/HCl/Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	FIS – 27
Nurmawati, ZaenalArifin, Darminto	PENGARUH PERLAKUAN PANAS T6 DAN T78 PADA KOROSI LOKAL PADUAN ALUMINIUM 6063	FIS - 28
Ridhwan, Dwa Desa Warnana, Widya Utama	PENGUNAAN METODE RESISTIVITAS 3-DIMENSI: UNTUK MENGETAHUI BIDANG LONGSOR PADA DAERAH RAWAN LONGSOR DI DESA KEMUNING LOR KECAMATAN ARJASA KABUPATEN JEMBER SEBAGAI BAGIAN DARI MITIGASI BENCANA LONGSOR,	FIS – 29
Sitti Aminah, Mochamad Zainuri, Zaenal Arifin	ANALISIS ELEKTROKIMIA PADUAN AA3003 DAN 5052 DALAM LARUTAN METANOL TERKONTAMINASI HCl DAN H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	FIS – 30
Suyanto, Miftahuddin	PENERAPAN PID CONTROLLER PADA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR PADA PROSES PEMBUATAN KACA LEMBARAN DI PT ASAHIMAS FLAT GLASS, TBK SIDOARJO	FIS - 31
Tofan Tri Oktora, Eddy Yahya	SIFAT ELEKTRONIK SILIKON AMORF TERHIDROGENASI TIPE P YANG DIDEPOSISI DENGAN SISTEM PECVD	FIS – 32
Wahyu Tristiyoherrni, Mualimin, Widya Utama	ANALISIS PRE-STACK TIME MIGRATION (PSTM) PADA DATA SEISMIK 2D DENGAN MENGGUNAKAN METODE KIRCHOFF PADA LAPANGAN "ITS" CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA	FIS – 33
Yenny Agustine Shovia Insany, Suminar Pratapa	KARAKTERISASI MIKROSTRUKTUR NANOKRISTAL SPINEL-MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> HASIL PENGGIILINGAN	FIS – 34

## II. T. ELEKTRO

Abdelrahim Ahmed Mohammed Ate, Rusdhianto Effendie,	CONTROLLING VERTICAL TILT, YAW RATE AND NAVIGATION OF AUTONOMOUS BICYCLE BY USING NEURO-FUZZY SYSTEM	ELK – 01
Ali Musyafa, Soedibjo, I Made Yulistiya Negara, Imam Robandi	PERANCANGAN CONTROL LOGIKA FUZY PADA SUDUT ANGGUK SEBAGAI VARIABEL KECEPATAN TURBIN ANGIN	ELK – 02
Alief Wikarta	SOLUTIONS OF CRACK PROBLEM NEAR COATED ELLIPTICAL HOLE IN ANTI-PLANE ELASTICITY	ELK – 03
Benrad Edwin Simanjuntak, Muhammad Rivai	DETEKSI KEBUSUKAN DAGING MENGGUNAKAN SENSOR POLIMER KONDUKTIF DAN NEURAL NETWORK	ELK – 04

Budi Setiyono, Mauridhi Hery P, Mochamad Hariadi	SUPERRESOLUTION MENGGUNAKAN PHASED BASED IMAGE MATCHING	ELK – 05
Budi Tri Cahyono, Ketut Eddy P, Moch Hariadi	SEGMENTASI EXUDATE PADA FUNDUS PENDERITA DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN BRANCHES FILTERING	ELK - 06
Eviv Lailyana, I Ketut Eddy Purnama	SEGMENTASI PARU-PARU PADA CITRA X-RAY MENGGUNAKAN LEVEL SET	ELK – 07
Destuardi, Surya Sumpeno	KLASIFIKASI EMOSI UNTUK TEKS BAHASA INDONESIA MENGGUNAKAN METODE NAIVE BAYES	ELK – 08
Iwan Purwonugroho Hari Putra	POLA PENATAN RUANG PASAR SEBAGAI DASAR PEMBUATAN GAME SIMULASI PASAR BERBASIS FINITE STATE MACHINE	ELK – 09
John Maspupu	ANALISIS MULTIRESOLUSI MORLET WAVELET SEBAGAI KELENGKAPAN PEMROSESAN SINYAL ULF GEOMAGNET	ELK – 10
Khairul Anam	PEMBELAJARAN FUZZY Q-LEARNING PADA ROBOT MANDIRI UNTUK PERILAKU MENGHINDARI HALANGAN PADA LINGKUNGAN TIDAK TERSTRUKTUR	ELK – 11
Khairul Anam	SISTEM KENDALI BEHAVIOR-BASED DENGAN KEMAMPUAN BELAJAR MENGGUNAKAN FUZZY Q- LEARNING UNTUK SISTEM NAVIGASI ROBOT MANDIRI	ELK – 12
Masy Ari Ulinuha, I Ketut Eddy Purnama Mochamad Hariadi	SEGMENTASI OPTIC DISK PADA PENDERITA DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN GVF SNAKE	ELK – 13
Muldi Yuhendri, Mochammad Ashari, Mauridhi Hery Purnomo	MAXIMUM OUTPUT POWER TRACKING DENGAN METODE INDIRECT FIELD ORIENTED CONTROL (IFOC) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN STAND ALONE BERBASIS FUZZY LOGIC CONTROLLER	ELK – 14
Nurlita Gamayanti, Abdullah Alkaff, Ahmad Rusdiansyah	PENGEMBANGAN ALGORITMA HEURISTIK ANT COLONY SYSTEM UNTUK MENYELESAIKAN PERMASALAHAN DYNAMIC VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN TIME WINDOW (DVRPTW) PADA PENYEDIA JASA INTER-CITY COURIER	ELK – 15
Nurpadmi, I Ketut Eddy Purnama	SEGMENTASI TULANG PADA CITRA CT MENGGUNAKAN DEFORMABLE MODEL	ELK – 16
Riyanto, I Ketut Eddy Purnama	SEGMENTASI CITRA DIATOM MENGGUNAKAN GRADIENT VEKTOR FLOW (GVF) SNAKE	ELK – 17
Sila Abdullah Syakry, Rahmat Syam, Mochammad Hariadi	PERBAIKAN CITRA SIDIK JARI BERMINYAK MENGGUNAKAN METODE WARD'S ALGORITHM DAN UNSHARP FILTERING	ELK – 18

Susijanto Tri Rasmana, Rusdhianto Effendie Abdul Kadier	PERANCANGAN SISTEM KEMUDI DAN NAVIGASI BERBASIS DATA KAMERA PADA AUTOMATIC GUIDED VEHICLE (AGV)	ELK – 19
Trihastuti Agustinah, Rohman Dwi K, Achmad Jazidie	SISTEM KONTROL FUZZY BERBASIS ROBUST $H_{\infty}$ DAN MODEL FUZZY TAKAGI-SUGENO UNTUK INVERTED PENDULUM	ELK – 20
Umar, M. Natsir R, Faanzir, Idham Jufri	OPTIMISASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA SISTEM TENAGA MENGGUNAKAN BINARY ENCODING GENETIC ALGORITHM	ELK - 21
Yusran, Mochamad Ashari, Adi Soeprijanto	PEMODELAN DAN SIMULASI ISOLATED SMALL HYDROELECTRIC PLANT (SHP)	ELK – 22
Yusran, Mochamad Ashari, Adi Soeprijanto	PEMODELAN DAN SIMULASI ISOLATED SMALL HYDROELECTRIC PLANT (SHP)	ELK - 23
Yoyok Prasetyo	MODEL KEPALA MANUSIA DENGAN ORIENTASI STRUKTUR ANATOMI UNTUK ANIMASI MIMIK BERBASIS KERUT WAJAH	ELK - 24

# Fabrikasi Sensor Gas Karbon Monoksida (CO) Berbasis Lapisan Tipis ZnO:Al

Ihsan, Sri Yani Purwaningsih, Triwikantoro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia  
e-mail: ihsan@physics.its.ac.id

## ABSTRAK

Dalam penelitian ini telah dibuat sensor gas CO berbasis lapisan tipis ZnO:Al. Lapisan tipis ZnO:Al ditumbuhkan pada substrat alumina yang terintegrasi elektroda dan pemanas dari lapisan perak (Ag). Lapisan tipis ZnO:Al ditumbuhkan dengan teknik *DC-Sputtering* dengan parameter deposisi yaitu tegangan DC 3 kV, arus listrik 10 mA, tekanan  $1 \times 10^{-1}$  torr, jarak elektroda 2,5 cm, suhu substrat 200 °C, dan waktu deposisi 120 menit. Karakteristik sensor gas meliputi penentuan suhu operasi, sensitivitas, waktu tanggap, dan kestabilan sensor. Hasil pengujian karakteristik sensor menunjukkan bahwa lapisan tipis ZnO:Al memiliki waktu tanggap ( $56,7 \pm 3,3$ ) sekon, dengan sensitivitas sebesar 59,92% pada konsentrasi gas CO 4423 ppm. Uji kestabilan sensor menunjukkan bahwa sensor gas CO berbasis lapisan tipis ZnO:Al lebih stabil pada suhu operasi yaitu 180°C.

**Katakunci:** DC-Sputtering, lapisan tipis ZnO:Al, sensitivitas, waktu tanggap

## 1. PENDAHULUAN

Lapisan tipis (*thin film*) merupakan suatu lapisan yang sangat tipis dari bahan organik, anorganik, metal, maupun campuran metal-organik (*organometalic*) yang memiliki sifat-sifat konduktor, semikonduktor, superkonduktor, maupun isolator. Teknologi lapisan tipis mulai diperkenalkan oleh Groove pada tahun 1852. Ketika dia meneliti peristiwa pelapisan logam di sekeliling elektroda negatif pada dinding tabung lucutan pijar (*glow discharge*) (Kittle, 1996). Penelitian tentang lapisan tipis terus berkembang dan semakin menarik perhatian para ilmuwan untuk melakukan penelitian-penelitian lebih lanjut. Hingga saat ini aplikasi lapisan tipis masih terus dilakukan dan dikaji pemanfaatannya.

Aplikasi lapisan tipis sebagai bahan sensor sangat diperlukan. Industrialisasi yang semakin meningkat dan kemajuan dalam sarana transportasi menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan hidup, karena berbagai jenis limbah yang dihasilkan. Lapisan tipis oksida logam merupakan satu jenis dari sekian banyak bahan lapisan tipis yang telah dikembangkan menjadi sensor gas semikonduktor. Keadaan ini dimungkinkan karena struktur dan sifat listrik lapisan tipis oksida logam dapat dikontrol dalam proses pembuatannya, sehingga dapat merubah tingkat sensitivitasnya jika berada dalam lingkungan gas (Tjipto Sujitno dkk., 2007). Selain itu, semikonduktor oksida logam mempunyai rancangan sederhana dan harga yang relatif murah sehingga bahan tersebut menonjol sebagai pilihan untuk digunakan dalam penyediaan perangkat multi-sensor (Cosandey, dkk., 2000). Sensor gas zat padat sering digunakan karena mempunyai respon yang sangat cepat mudah dalam penggunaannya dan murah (Ivanov, 2004).

ZnO merupakan bahan semikonduktor oksida yang dapat digunakan sebagai elemen sensor. Salah satu cara untuk meningkatkan konduktivitas bahan semikonduktor adalah dengan memberikan doping (ketakmurnian). F. Paraguay D. Dkk (2000) telah meneliti pengaruh doping Al, In, Cu, Fe, dan Sn pada lapisan tipis ZnO sebagai sensor gas etanol. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh bahwa sensitivitas terbaik dari lapisan tipis ZnO adalah dengan doping Sn dan Al pada konsentrasi gas 80 ppm dan suhu operasi 675 K.

Pada penelitian ini akan dibuat sensor gas CO berbasis lapisan tipis ZnO:Al dengan teknik *DC-Sputtering*. Lapisan tipis ZnO:Al ditumbuhkan di atas substrat alumina yang telah terintegrasi elektroda dan pemanas. Karakteristik sensor gas meliputi penentuan suhu operasi sensor, sensitivitas, waktu tanggap, dan kestabilan sensor.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Pembuatan target dan preparasi substrat

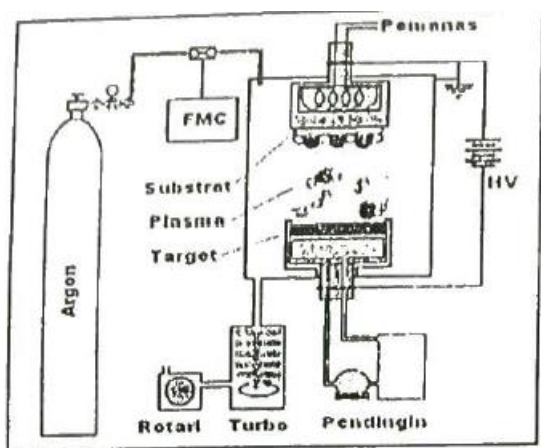
Target ZnO:Al dibuat dari 29,7 gram serbuk ZnO dicampur dengan 0,3 gram serbuk Al. Serbuk tersebut dicampur hingga merata dan diberi alkohol sebagai pelarut sehingga diperoleh bubuk adonan yang telah lembab. Setelah itu adonan dimasukkan ke dalam alat cetak dan kemudian ditekan dengan *press hidrolis* dengan beban 16 ton selama 5 menit. Selanjutnya target di-sinter pada suhu 900°C selama 1 jam untuk memperoleh pellet yang lebih keras dan tidak mudah pecah. Target yang dihasilkan berukuran (60 x 3) mm.

Substrat yang digunakan dalam pembuatan lapisan tipis ZnO:Al adalah substrat alumina berukuran (21x13) mm. Substrat tersebut telah dilengkapi dengan elektroda dan pemanas dengan pola interdigital yang terbuat dari lapisan perak (Ag). Elektroda dan pemanas dibuat dengan metode lithografi.

### 2.2 Deposisi lapisan tipis ZnO:Al dengan teknik *DC-Sputtering*

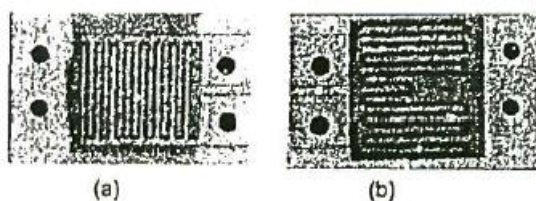
Proses deposisi lapisan tipis dengan teknik *DC-Sputtering* merupakan suatu proses yang sangat kompleks karena dipengaruhi oleh beberapa parameter *sputtering*. Skema alat *DC-Sputtering* ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Skema alat DC-Sputtering (B.A. Tjipto Sujitno, 2003).

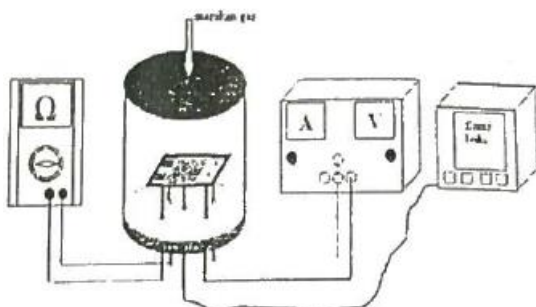
Proses deposisi lapisan tipis ZnO:Al adalah sebagai berikut: memasang target ZnO:Al pada katoda dan substrat alumina pada anoda. Tabung reaktor plasma dihampakan dengan pompa rotari dan pompa turbo hingga mencapai tingkat kevakuman  $10^{-5}$  torr dan substrat dipanaskan hingga mencapai suhu  $200^{\circ}\text{C}$ . Kemudian gas argon dimasukkan ke dalam tabung *sputtering* hingga tekanan kerja operasi  $10^{-1}$  torr. Selanjutnya tegangan tinggi DC dihidupkan dan diatur pada tegangan 3 kV dan arus, 10 mA. Setelah proses deposisi selama 120 menit, sampel dikeluarkan dari tabung reaktor plasma dan selanjutnya dilakukan uji karakteristik sensor. Hasil deposisi lapisan tipis ZnO:Al pada substrat alumina sebagai elemen sensor gas ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor gas: (a) elemen sensor ZnO:Al, (b) elemen pemanas.

## 2.3 Karakterisasi sensor gas

Karakterisasi sensor gas CO dari lapisan tipis ZnO:Al meliputi penentuan suhu kerja, waktu tanggap, sensitivitas. Skema alat karakterisasi ditunjukkan pada Gambar 3.



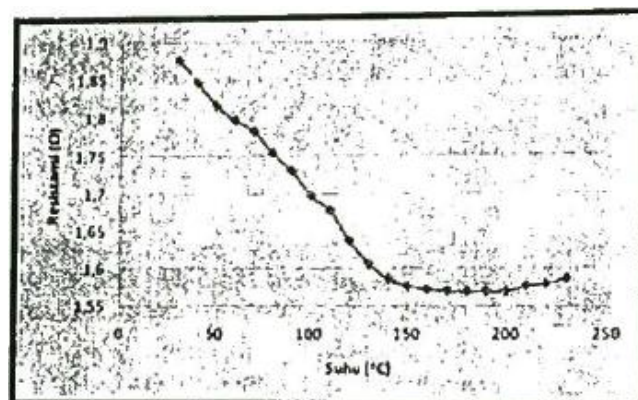
Gambar 3. Skema alat karakterisasi sensor (BATAN, 2006)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Suhu kerja sensor

Penentuan suhu operasi sensor dilakukan dengan memanaskan sensor sampai diperoleh nilai resistansi yang

stabil. Hubungan antara suhu sensor terhadap resistansi sensor ditunjukkan pada Gambar 4.

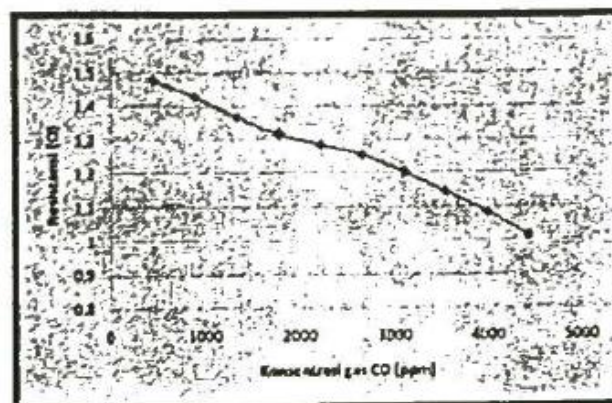


Gambar 4. Hubungan antara suhu sensor terhadap resistansi

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa ketika suhu dinaikkan maka nilai resistansi cenderung menurun. Hal ini terjadi akibat adanya migrasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi (menjadi elektron bebas). Pada Gambar 4 terlihat bahwa mulai suhu  $150^{\circ}\text{C}$  penurunan resistansi sudah rendah dan menuju kondisi stabil pada rentang  $160^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $200^{\circ}\text{C}$ . Pada kondisi suhu  $160^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $200^{\circ}\text{C}$  bahan ZnO:Al dapat berfungsi sebagai sensor gas karena perubahan resistansi sensor gas tidak dipengaruhi oleh panas tetapi disebabkan adanya proses serapan gas yang mengenai permukaan bahan sensor. Berdasarkan perhitungan sensitivitas diperoleh suhu operasi sensor yaitu  $180^{\circ}\text{C}$ .

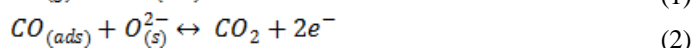
### 3.2 Hubungan konsentrasi gas CO terhadap resistansi sensor

Hubungan antara konsentrasi gas CO terhadap resistansi sensor ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 9 terlihat bahwa resistansi sensor menurun dengan meningkatnya konsentrasi gas CO.



Gambar 5. Resistansi sensor sebagai fungsi konsentrasi gas CO.

Interaksi antara gas CO sebagai gas reduktor dengan atom oksigen dalam bentuk  $\text{O}_{(s)}^{2-}$  atau  $\text{O}_{(s)}^{-}$  pada permukaan lapisan tipis ZnO:Al ditunjukkan oleh persamaan berikut (Gas'kov dan Rummyantseva, 2000 dan Umar. M.Darwis. dkk., 2001):



Atau



dengan CO adalah gas reduktor yang mengadsorpsi ion  $\text{O}_{(s)}^{2-}$  atau  $\text{O}_{(s)}^-$  pada permukaan (*surface*) lapisan.  $\text{CO}_2$  adalah hasil interaksi antara gas CO sebagai gas reduktor dengan ion  $\text{O}_{(s)}^{2-}$  atau  $\text{O}_{(s)}^-$ . Gas CO melakukan pengikatan terhadap ion  $\text{O}_{(s)}^{2-}$  atau  $\text{O}_{(s)}^-$  pada permukaan lapisan, mengakibatkan cacat pengosongan (*vacancy*).

### 3.3 Sensitivitas sensor

Kemampuan suatu bahan sensor untuk merespon kehadiran gas yang berhubungan dengan banyaknya pemberian zat dapat ditentukan melalui pengukuran sensitivitas. Sensitivitas sensor gas didefinisikan sebagai kemampuan dari sensor untuk merespon kehadiran gas yang berhubungan dengan banyaknya pemberian gas. Secara matematis sensitivitas (*S*) dituliskan dengan persamaan sebagai berikut (Ivanov, 2004).

$$S = \frac{\Delta R}{R_n} = \frac{|R_n - R_g|}{R_n} \times 100\% \quad (5)$$

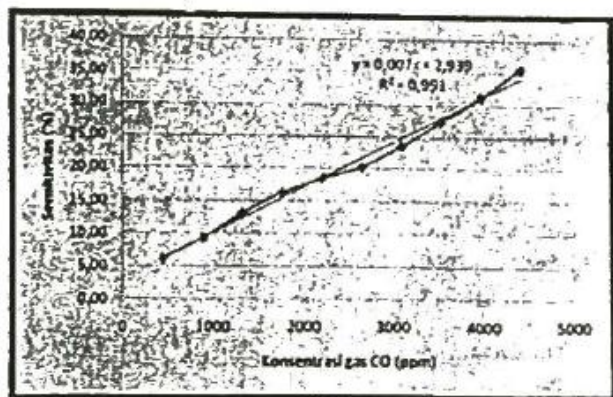
dengan:

$R_n$  = resistansi sensor sebelum diberi gas

$R_g$  = resistansi sensor setelah diberi gas

$R_n$  dan  $R_g$  diukur pada kondisi suhu tetap

Sensitivitas sensor gas berbasis lapisan tipis ZnO:Al sebagai fungsi konsentrasi gas Co ditunjukkan pada Gambar 6.



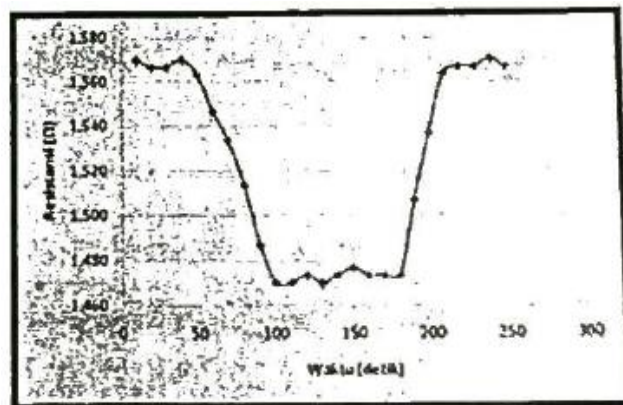
Gambar 6. Sensitivitas sensor terhadap gas CO.

Berdasarkan perhitungan sensitivitas, diperoleh nilai sensitivitas yang bervariasi tergantung pada konsentrasi gas yang terdeteksi. Konsentrasi gas CO yang semakin pekat mengandung lebih banyak molekul CO yang dapat mengikat oksigen pada permukaan lapisan tipis ZnO:Al, sehingga mengakibatkan kekosongan oksigen. Banyaknya atom oksigen yang diikat gas CO menjadi  $\text{CO}_2$  dalam pembentukan *vacancy* setara dengan pembentukan elektron bebas ( $e^-$ ). Banyaknya elektron bebas Berdasarkan grafik diperoleh kepekaan elemen sensor yaitu 0.007.

### 3.4 Waktu tanggap sensor

Setiap sensor tidak dapat mengubah keadaan output dengan segera ketika terjadi perubahan pada masukan. Output akan berubah ke keadaan yang baru setelah jangka waktu tertentu yang disebut dengan waktu tanggap (*response time*). Gambar 7 menunjukkan perubahan resistansi sensor sebelum

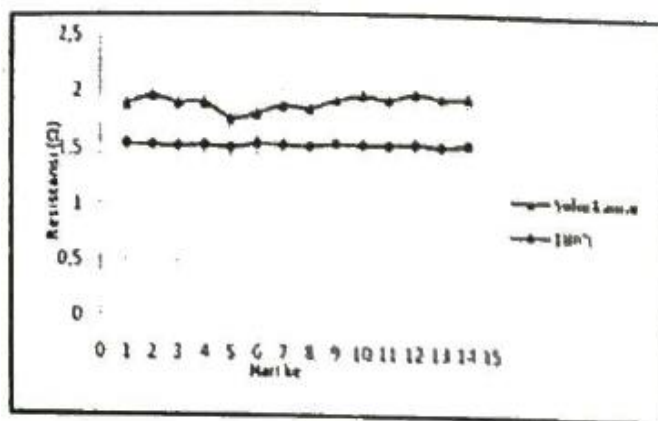
dan setelah mendeteksi gas CO. Resistansi sensor sebelum mendeteksi gas adalah 1,570  $\Omega$ , dan resistansi akhir sensor akibat terdeteksinya gas CO adalah 1,470  $\Omega$ . Berdasarkan pengukuran berulang waktu tanggap sensor lapisan tipis ZnO:Al diperoleh bahwa waktu tanggap sensor adalah (56.7  $\pm$  3,3) sekon. Nilai resistansi akan konstan/stabil selama  $\pm 80$  detik dan selanjutnya kembali ke nilai resistansi semula yaitu 1,570  $\Omega$ .



Gambar 7. Waktu tanggap sensor pada konsentrasi gas CO 442 ppm, suhu operasi 180°C

### 3.5 Kestabilan sensor

Stabilitas lapisan tipis ZnO:Al untuk aplikasi sensor sangat diperlukan. Kestabilan resistansi lapisan tipis mempengaruhi stabilitas sensor. Sensor yang baik akan memberikan output yang sama untuk input yang sama meskipun pengukurannya dilakukan pada waktu yang berbeda. Gambar 8 menunjukkan perubahan nilai resistansi lapisan tipis ZnO:Al terhadap waktu (hari). Berdasarkan pengukuran resistansi lapisan tipis pada suhu kamar dan suhu 180°C diperoleh bahwa resistansi lapisan tipis akan lebih stabil pada suhu 180°C. Pada suhu kamar, resistansi lapisan tipis cenderung berubah-ubah. Hal ini disebabkan karena adanya berbagai gas yang teradsorpsi pada permukaan lapisan tipis pada suhu kamar.



Gambar 8. Perubahan nilai resistansi lapisan tipis ZnO:Al terhadap waktu (hari).

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Telah berhasil dibuat sensor gas CO berbasis lapisan tipis ZnO:Al dengan teknik *DC-Sputtering* pada tegangan 3 kV, arus 10 mA tekanan  $1 \times 10^{-2}$  torr, dengan kondisi optimum pada suhu substrat 200°C, dan waktu deposisi 120 menit.



- b. Suhu operasi sensor gas CO berbasis lapisan tipis ZnO:Al diperoleh pada suhu 180°C.
- c. Uji kestabilan sensor menunjukkan bahwa sensor gas CO stabil pada suhu operasi yaitu 180°C.
- d. Hasil pengujian karakteristik sensor menunjukkan bahwa sensor lapisan tipis ZnO:Al memiliki waktu tanggap ( $56,7 \pm 3,3$ ) sekon, dengan sensitivitas sebesar 59.92% pada konsentrasi gas CO 4423 ppm.

## 5. PENGHARGAAN

Dengan telah selesainya penelitian ini, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak: Sudjatmoko, Tjipto Sujitno, dan seluruh staf kelompok Pengembangan Aplikasi Akselerator BATAN Yogyakarta atas segala bantuan yang telah diberikan.

## 6. PUSTAKA

- Cosandey, F., Sakndon, G., Singhal, A. (2000). *Material and Processing Issues in Nanostructured Semiconductor Gas Sensors*, The Journal of The Materials, Metals and Materials Society.
- Gas'kov, A.M., Rumyantseva, M.N. (2000), *Materials for Solids-State Gas Sensors*, *Inorganic Materials*, Vol.36, No.3, 293-301
- Ivanov, P. Tsolov (2004), *Design, Fabrication and Characterization of Thick Film Gas Sensors*, Tesis Ph.D., Universitat Rovira I Virgili Tarragona, Spain.
- Kittel, C. (1996), *Introduction to Solids State Physics*, 7<sup>th</sup> ed, John Willey and Sons, New York.
- Maddu A, Hasiholan RT, Kurniati M. (2009), *Penumbuhan Film Nanokristal SnO<sub>2</sub> dengan Metode Chemical Bath Deposition (CBD)*, Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi, Edisi khusus hal 96-99
- Paraguay D. F. (2000), *Influence of Al, In, Cu, Fe, and Sn dopants on the response of thin film ZnO Gas Sensor to ethanol vapour*, Thin Solid Films 373, hal 137-140.
- Purwaningsih, Sri Yani. (2003), *Pembuatan Lapisan Tipis ZnO:Al Pada Subtrat Kaca dengan Metode DC-Sputtering dan Karakterisasi Sifat Fisiknya*, Tesis, Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Sujitno, B.A. Tjipto., Trimadji Atmono, Sayono, dan Lely Susita R.M (2006), "Lapisan Tipis ZnO Susun Larik Sebagai Sensor Gas". Prosiding PPI-PDIPTN, hal 81-91.
- Umar, M.Darwis. Sujatmiko. E, Taufik. M, Mulyana. T. (2001), "Teori Absorpsi Gas pada Semikonduktor Oksida Logam", Kelompok Sensor Gas, Vol.1, No. 1, hal. 1-19.